

ELECTRODO TUBULAR DESARROLLADO A PARTIR DE UNA FERROALEACIÓN DEL TIPO FeCrV, FACTIBLE DE USO EN LA INDUSTRIA AGROAZUCARERA CUBANA

Félix A. Morales Rodríguez y Eulicer Fernández Maresma,
Facultad de Metalurgia y Electromecánica. Instituto Superior Minero Metalúrgico,
Moa;
Lorenzo Perdomo González y Manuel Rodríguez Pérez,
Centro de Investigaciones de Soldadura. Universidad Central de Las Villas, Santa
Clara.

Recibido: Abril/2005

Aceptado: Julio/2005

Se realizó la evaluación de una ferroaleación del tipo FeCrV, para la carga aleante de un electrodo tubular utilizando un revestimiento básico con adición de grafito. En el estudio se tuvo en cuenta la dureza, microestructura y resistencia al desgaste de los depósitos obtenidos, con el objetivo de valorar su empleo en la recuperación de piezas empleadas en la agroindustria azucarera cubana.

Palabras clave: Carga aleante, consumibles de soldaduras, ferrocromovanadio, desgaste.

DEVELOPED TUBULAR ELECTRODE TO LEAVE OF A FERROALLOY OF THE TYPE FeCrV, FEASIBLE OF USE IN THE INDUSTRY CUBAN SUGAR AGROINDUSTRY

One carries out the evaluation of a ferroaleación of the type FeCrV, for the load aleante of a tubular electrode using a basic lining with graphite addition. The study kept in mind the hardness, microstructure and resistance to the waste of the obtained deposits, with the objective of valuing its employment in the repair of pieces used in the Cuban sugar agroindustry.

Key words: Loads alloys, consumable of welding, ferrochrome vanadium, wear.

INTRODUCCIÓN

La fabricación de electrodos tubulares revestidos para la soldadura manual por arco, se divide en dos aspectos fundamentales, según los trabajos de ^{3,4,5} siendo la conformación del revestimiento y del núcleo, o parte portadora de la carga metálica, los que determinan el comportamiento tecnológico del proceso de soldadura y las propiedades mecánicas del metal depositado, respectivamente.

Uno de los aspectos fundamentales en el desarrollo de electrodos tubulares es la naturaleza de la carga aleante, la cual decide en gran medida las propiedades de resistencia al desgaste del metal depositado, en dependencia sobre todo del nivel de elementos de aleación, tales como, Cr, V, Mo, W, etc.

El alto precio en el mercado internacional de las ferroaleaciones con altos contenidos de estos elementos de aleación es lo que provoca el alto costo

de los consumibles hoy día.

El objetivo fundamental del presente trabajo es estudiar la posibilidad de utilizar una ferroaleación del tipo FeCrV (2), obtenida a partir de los catalizadores agotados de la producción de ácido sulfúrico en la fabricación de consumible para el relleno superficial. En la tabla 1 se muestra la composición química de la misma.

Tabla 1. Composición química de la carga aleante del electrodo

C	Si	Mn	P	S	Cr
8,3	5,5	1,5	0,04	0,18	48,1
Ni	Al	Ti	V	Mg	Fe
0,44	1,4	0,24	4,4	1,1	Resto

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la fabricación de electrodos tubulares se debe tener en cuenta el proceso de soldadura a emplear y el sistema aleante a utilizar, así como el coeficiente de llenado que garantiza la cantidad de carga aleante a depositar en el cordón de soldadura, el coeficiente de llenado se selecciona entre 0,45 a 0,5 según los resultados obtenidos^{1,4} en el Centro de Investigaciones de Soldadura de la UCLV.

Se decidió utilizar el diámetro de 3,2 mm con perfil de cierre a tope, siendo en los electrodos tubulares con pequeño diámetro donde se produce una elevada densidad de corriente, lo que mejora la estabilidad del arco y la transferencia de las gotas, sin embargo, la forma en que las gotas se transfieren y el comportamiento del arco están influidos por la composición del revestimiento empleado y la polaridad utilizada.

La carga aleante se preparó mediante trituration de la ferroaleación en un molino de bola durante 30 minutos. Posteriormente, fue tamizada hasta una granulometría entre 0,1-0,25 mm, según se recomienda en los trabajos de Marcelo y Rodríguez.^{1,4}

El coeficiente de llenado expresa la relación en peso de la carga aleante con respecto al peso total del electrodo, para una longitud dada, la que

se expresa por la ecuación siguiente:

$$C_{ll} = P_c / P_e$$

Donde:

C_{ll} - Coeficiente de llenado

P_c - Peso de la carga aleante, en g

P_e - Peso del electrodo, en g

Utilizando en el trabajo el perfil de cierre a tope, como se muestra en la figura 1, y con la granulometría seleccionada se logra un mayor coeficiente de llenado, siendo en este caso 0,41, el cual garantiza una mayor cantidad de carga aleante en el electrodo tubular, produciéndose una mejor transferencia al baño de soldadura de los elementos de la carga aleante.

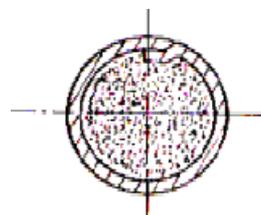


Figura 1. Perfil de cierre a tope para el electrodo tubular

El electrodo se conformó en una máquina para la fabricación de electrodos tubulares existente en el Centro de Investigación de Soldadura, empleando una cinta de acero al carbono del tipo AISI/SAE de 0,5 x 15 mm, con una composición química de C: 0,085 %; Si: 0,27 %; Mn: 0,55; P: 0,035; S: 0,04 %; Cr: 0,1 %.

El revestimiento del electrodo fue de carácter básico, y se desarrolló en el Centro de Investigaciones de Soldadura.^{3,5} Este revestimiento es destinado a consumibles de alta abrasión y su composición se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Composición del revestimiento del electrodo

MINERALES	CANTIDAD (%)
Calcita	40
Fluorita	32
Rutilo	8
Grafito	20

Para la realización del depósito de soldadura se utilizaron los parámetros de soldadura de voltaje; 30 V; amperaje 100 A. Se empleó polaridad invertida de acuerdo al revestimiento básico, realizándose los depósitos sin precalentamiento y observándose un buen aspecto superficial en los cordones.

La evaluación de la resistencia al desgaste por abrasión se realizó mediante el Procedimiento para la evaluación de la resistencia al desgaste en máquina del tipo PIN-Disco Abrasivo, prueba recomendada por la Norma ASTM G 132. Para lo cual se empleó la máquina de este tipo existente en los laboratorios de Tribología de la Universidad Central de Las Villas. El ensayo se realizó para tres electrodos, siendo ellos; el electrodo tubular fabricado en el presente trabajo y dos electrodos comercializados por la firma Eutectic Castollin de los tipos N-700 y 4004 N. Se utilizó como muestra patrón el acero al carbono con 0,45 % de carbono.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La composición química del metal depositado se muestra en la tabla 3. Como se puede observar la aleación obtenida se caracteriza por un alto contenido de carbono y cromo, aspecto esencial para garantizar elevada resistencia al desgaste, por ser ellos formadores de carburos, la dureza del depósito fue de 59,7 HRc.

Uno de los resultados más importantes se obtuvo con la presencia de cantidades moderadas de vanadio; de conjunto, el cromo y el vanadio, favorecen la formación de carburos complejos uniformemente distribuidos que mejoran sustancialmente la resistencia al desgaste.

Tabla 3. Composición química del depósito de soldadura

C	Si	Mn	P	S	Cr
5,9	1,62	0,63	0,038	0,023	17,28
Ni	Al	Ti	V	N	Fe
0,14	0,015	0,19	1,89	0,54	resto

En la figura 2 se observa la microfotografía electrónica del depósito donde se comprueba la presencia de carburos uniformemente distribuidos en una matriz martensítica. La dureza en la fase de carburo llegó a 1 400 HV y para la matriz de 999 HV, lo que confirma que estamos en presencia de un depósito de alta dureza, el cual puede soportar altas cargas de desgaste abrasivo, características de los trabajos de preparación del suelo y de los equipos de tratamiento de la caña para la molienda. La composición química del carburo se muestra en la tabla 4.

Es significativa en este caso la elevada dureza de los carburos y su morfología, donde el tamaño y la forma se mantienen uniformes en toda la estructura, como se puede apreciar en la figura 2.

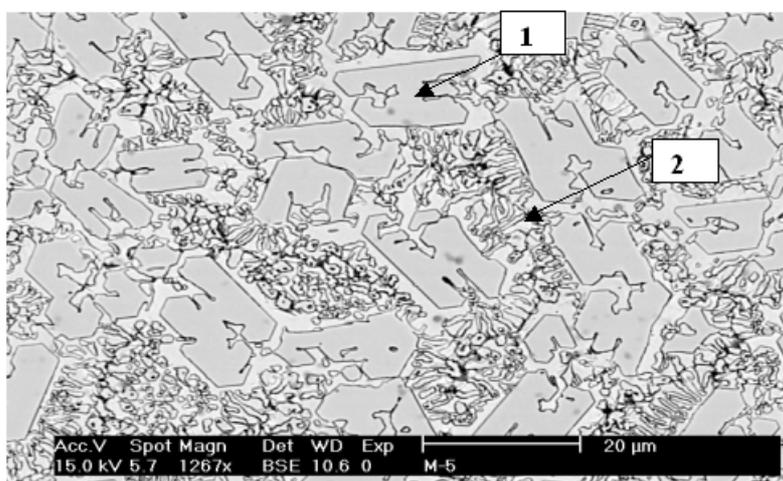


Figura 2. Microestructura del cordón de soldadura (x1267)
1. Carburo; 2. Matriz

Tabla 4. Composición química de la fase de carburo

Elemento	C	Cr	V	Fe	S
Cantidad en %	5,98	37,34	4,62	resto	0,023

En la tabla 5 se presentan los resultados del desgaste por abrasión para los depósitos obtenidos con el electrodo fabricado y los consumibles comerciales indicados anteriormente.

Según los resultados, se aprecia que el electrodo tubular alcanza una resistencia al desgaste considerable, incluso superior a los electrodos comerciales: N-700 y 4004-N.

Este comportamiento de la resistencia al desgaste del electrodo tubular fabricado a partir de la ferroaleación del tipo FeCrV, está en correspondencia con la microestructura del metal depositado, donde la uniformidad en el tamaño de los carburos, dureza y distribución, garantiza que las partículas abrasivas no provoquen los microcortes propios de este tipo de deterioro, cuando los microconstituyentes de alta dureza están dispersos en la matriz.

Tabla 5. Desgaste por abrasión para los diferentes electrodos evaluados

Electrodo	Desgaste gravimétrico, en g
Electrodo tubular	0,0297
N 700	0,0484
4004 N	0,0372
Muestra patrón	0,228

CONCLUSIONES

1. La estructura del metal depositado se caracteriza por la uniformidad y tamaño de los carburos del tipo $(Fe,Cr,V)_7C_3$ lo cual favorece notablemente la resistencia al desgaste de la aleación.
2. Los resultados de la resistencia al desgaste del metal depositado por el electrodo, indican que puede emplearse satisfactoriamente en el recubrimiento superficial de piezas sometidas

a este tipo de deterioro en la industria agroindustrial azucarera de Cuba.

BIBLIOGRAFÍA

1. Marcelo, M. D.: Electrodo tubulares revestidos para el relleno superficial de piezas sometidas a desgaste”. Tesis de Maestría, UCLV, Santa Clara, 1999.
2. Morales, R. F. y otros: Fabricación de ferroaleaciones del tipo FeCrV a partir de residuales catalíticos para ser utilizados en cargas aleantes de soldadura. VIII Congreso Iberoamericano de Metalurgia y Materiales, Editorial Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2004.
3. Rivera Báez, Vidal: Electrodo tubular revestido para la soldadura de reacondicionamiento de piezas de hierro fundido gris. Tesis Doctoral, UCLV, Santa Clara, 2003.
4. Rodríguez, P. M.: Electrodo tubulares revestidos para el relleno superficial de centralizadores, estabilizadores y piezas sometidas a condiciones de desgaste similares. Tesis Doctoral, UCLV, Santa Clara, 1992.
5. _____: Electrodo tubulares para relleno superficial de piezas sometidas a desgastes por impacto, Conferencia Internacional COMEC 2002, UCLV, Santa Clara, 2002.